

Drony (UAV) a ich využitie v geovednom výskume

Mgr. Ján Sládek, PhD.

geogslad@savba.sk

Geografický ústav SAV

Geotech Bratislava, s.r.o.



GEOGRAFICKÝ ÚSTAV SAV
INSTITUTE OF GEOGRAPHY SAS



OBSAH

- I. Definícia základných pojmov
 - II. Stručná história UAV
 - III. Letecká fotografia bezpilotnými prostriedkami (krátky prehľad)
 - IV. Klasifikácia UAV systémov
 - V. Legislatívne podmienky prevádzky UAV v SR
 - VI. Príklady UAV
 - VII. Stručná metodika zberu dát
 - VIII. Spracovanie dát
 - IX. Príklady využitia dát z bezpilotných zariadení v geovedných aplikáciach
- Záver

I.

Definícia základných pojmov

Lietadlo – zariadenie schopné udržať sa v atmosfére následkom iných reakcií vzduchu, ako sú reakcie vzduchu so zemským povrchom

Bezpilotné lietadlo – lietadlo spôsobilé lietať bez pilota (unmanned aircraft) autonómne lietadlo, diaľkovo riadené lietadlo alebo model lietadla

Blízka fotogrametria – súbor metód a techník, výsledkom ktorých je geometricko-matematická rekonštrukcia objektov zachytených na snímke

- snímanie predmetov z malých vzdialeností (do 300 m)
- rôzne druhy snímačov (predovšetkým nemeračské kamery)
- výsledné rozlíšenie dm – cm – mm

UAV fotogrametria – nástroj pre fotogrametrický zber a spracovanie dát za využitia UAV

- Eisenbeiss (2008)



I.

Definícia základných pojmov

UAV (Unmanned Aerial Vehicle)

- UAV – „bezpilotný lietajúci prostriedok“
- UAS (Unmanned Aerial System)
- RPV (Remotely Piloted Vehicle)
- RPAS (Remotely Piloted Aircraft System)
- Drone



- ovládanie
 - autonómne
 - poloautonómne
 - diaľkovo riadené

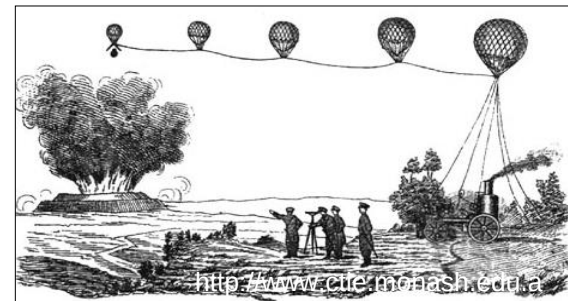


II.

Unmanned Aerial Vehicle

(stručná história)

- spočiatku používané a vyvíjané pre vojenské účely
- 1849 – prvé UAV lety – vojna Rakúsko-Uhorska proti Benátkam
(teplovzdušné balóny s náložami)
- 1918 – (USA) **Charles Kettering Aerial Torpedo**
Kettering bug - dolet 75 míľ , rýchlosť 50 mph
45 ks, 2 úspešné pokusy – nikdy nenasadený
- 1940 – 1945 (USA, Nemecko) rádiové ovládanie
 - Interstate BQ-4/TDR(TDN)
 - Ruhrstahl „Fritz-X“



II.

Unmanned Aerial Vehicle

(stručná história)

- 1950 – 1990 vývoj špionážnych zariadení schopných niesť zbrane, fotografické prístroje alebo kamery,
 - 1955, **Ryan Firebee**
 - 1963, **Lockheed M-21/D-21**
 - 1986, **Pioneer RQ-2A**
- 1990 – 20?? - taktické využitie
 - miniaturizácia
 - rôzne platformy
 - nasadenie v civilnom sektore (1983, Yamaha RMAX)
 - 1994, **MQ Predator**
 - 2004, **RQ-7B Shadow 200**
 - 2009, **RQ-170 Sentinel**
 - 2010, **Global Hawk**



III. Letecká fotografia bezpilotnými prostriedkami

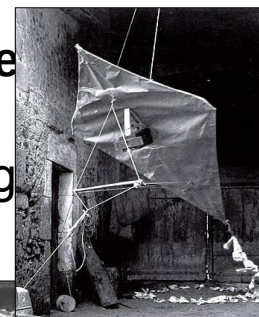
- fotografovanie, fotogrametria, prieskum vo vede a civilnom sektore

- 1858 – Francúzsko, Gaspar Felix Tournachon, Paríž - prvá letecká fotografia (teplovzdušný balón, výška 80m)

- 1889 – Francúzsko, Labruguiere, Arthur Batut fotografovanie zo šarkana („UAV“)

- 1903 – Nemecko, Julius Neubranner
Bavorský holubí zbor „UAV“
fotografie z fotoaparátov
pripevnených na telá holubov
váha fotoaparátu cca 70g, samospúšť 30s
- 1906 – USA, San Francisco, George Lawrence
séria 9 šarkanov, panoramatická kamera,
výška 2000 stôp (cca 610m)

- 1970 – (Whittlesey), balón pre archeologický výskum
- 1980 – Nemecko, Wester-Ebbinghaus, model helioptéry,
fotogrametrická dokumentácia jednokoľajky
- zač. 21. stor. masívny rozvoj a nasadenie UAV
aplikácií v civilnom sektore
priaznivá cena, miniaturizácia,
(poľnohospodárstvo, lesníctvo, DPZ, komerčná sféra, veda, výskum, médiá...)



<http://northstargallery.com>



<http://northstargallery.com>



<http://some-landscapes.blogspot.sk>



<http://northstargallery.com>



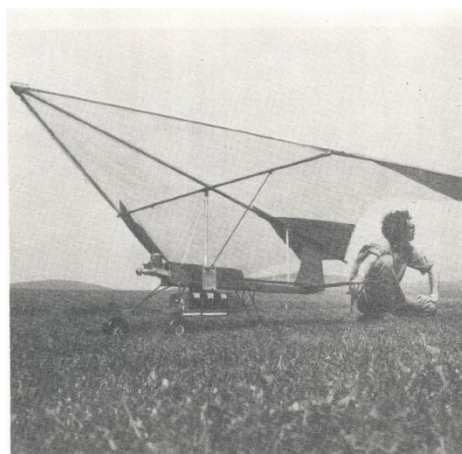
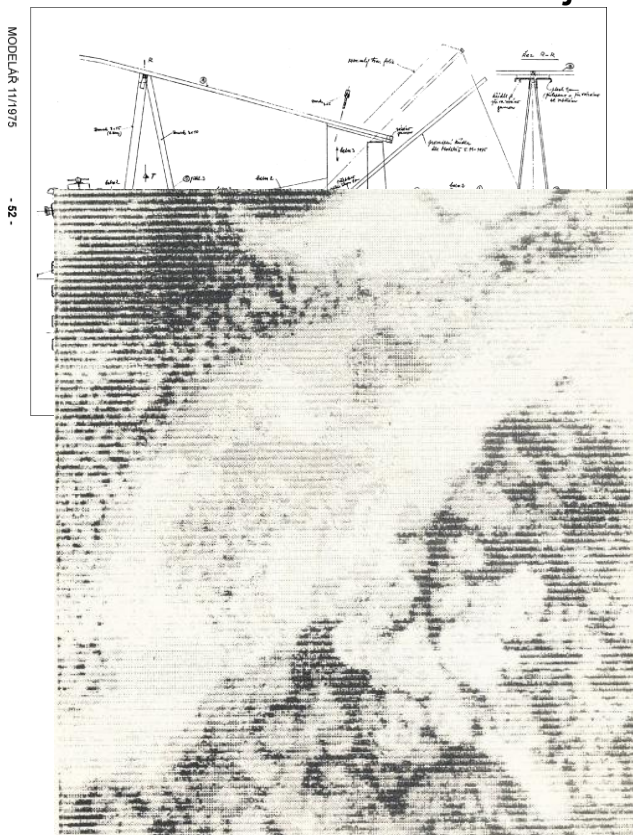
<http://northstargallery.com>

III. Letecká fotografia bezpilotnými prostriedkami

- fotografovanie, fotogrametria, prieskum vo vede a civilnom sektore

Snímkovanie bezpilotnými prostriedkami v rámci výskumov ČSAV

- 1965 – RNDr. Stehlík, CSc. (padákové krídlo + Flexaret)
- Plánka, L. 1984: Metoda leteckého snímokování z malých výšek
- Kolejka, J., Petch, J. 1989: Geografické vyhodnocení digitalizovaných leteckých snímků vodních objektů



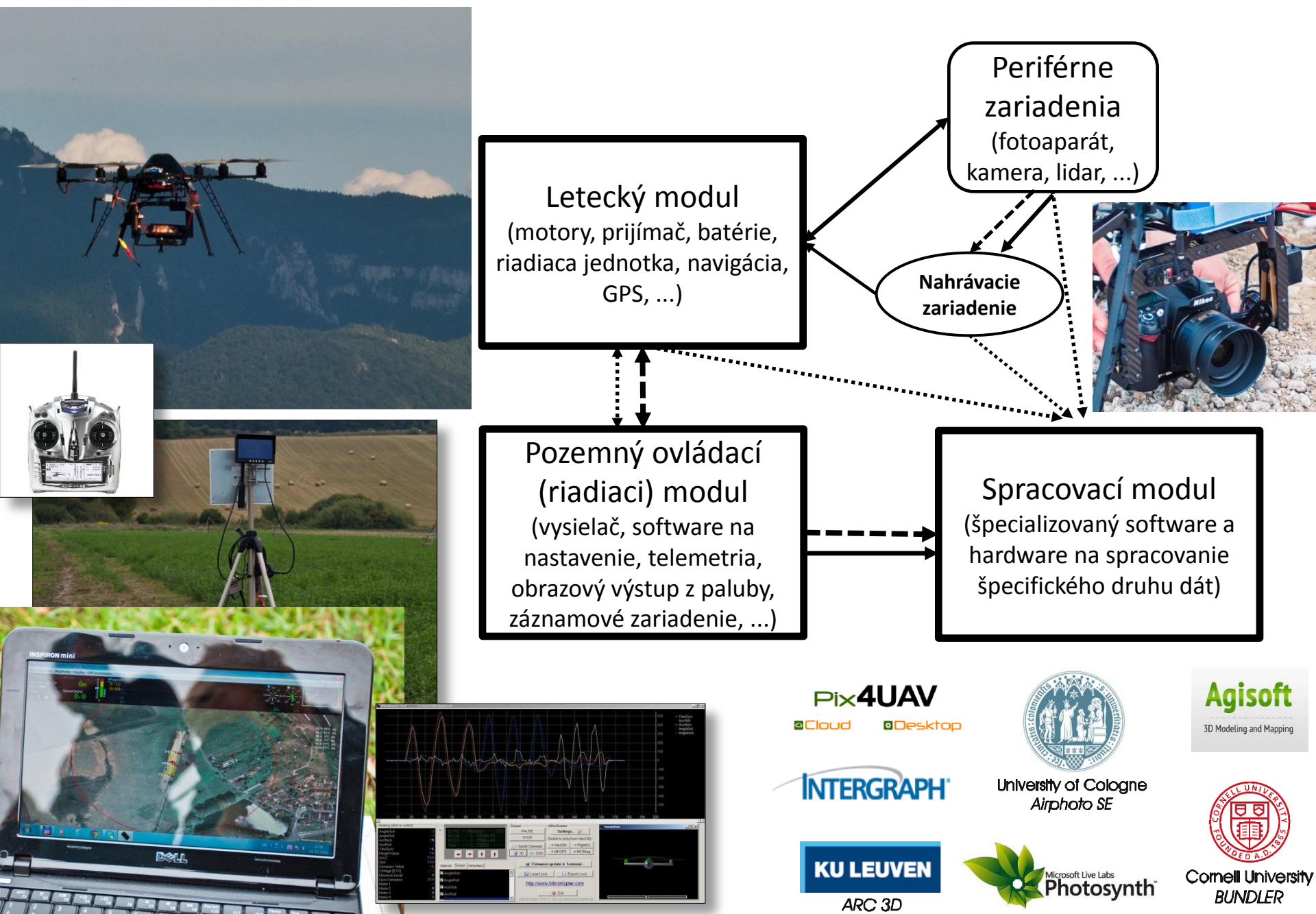
„Rogallo 1981“

- Rozpätie 280 cm,
- dĺžka 100 cm,
- plocha krídla 3,24 m²,
- hmotnosť 13 kg,
- ovládanie ROBBE 6 kanál,



- dosah 800 – 1000 m
- 6 kanálová multispektrálna kamera Flexaret M-6

IV. Klasifikácia UAV systémov



Pix4UAV
Cloud Desktop

INTERGRAPH

KU LEUVEN
ARC 3D



University of Cologne
Airphoto SE

Microsoft Live Labs
Photosynth

Agisoft
3D Modeling and Mapping

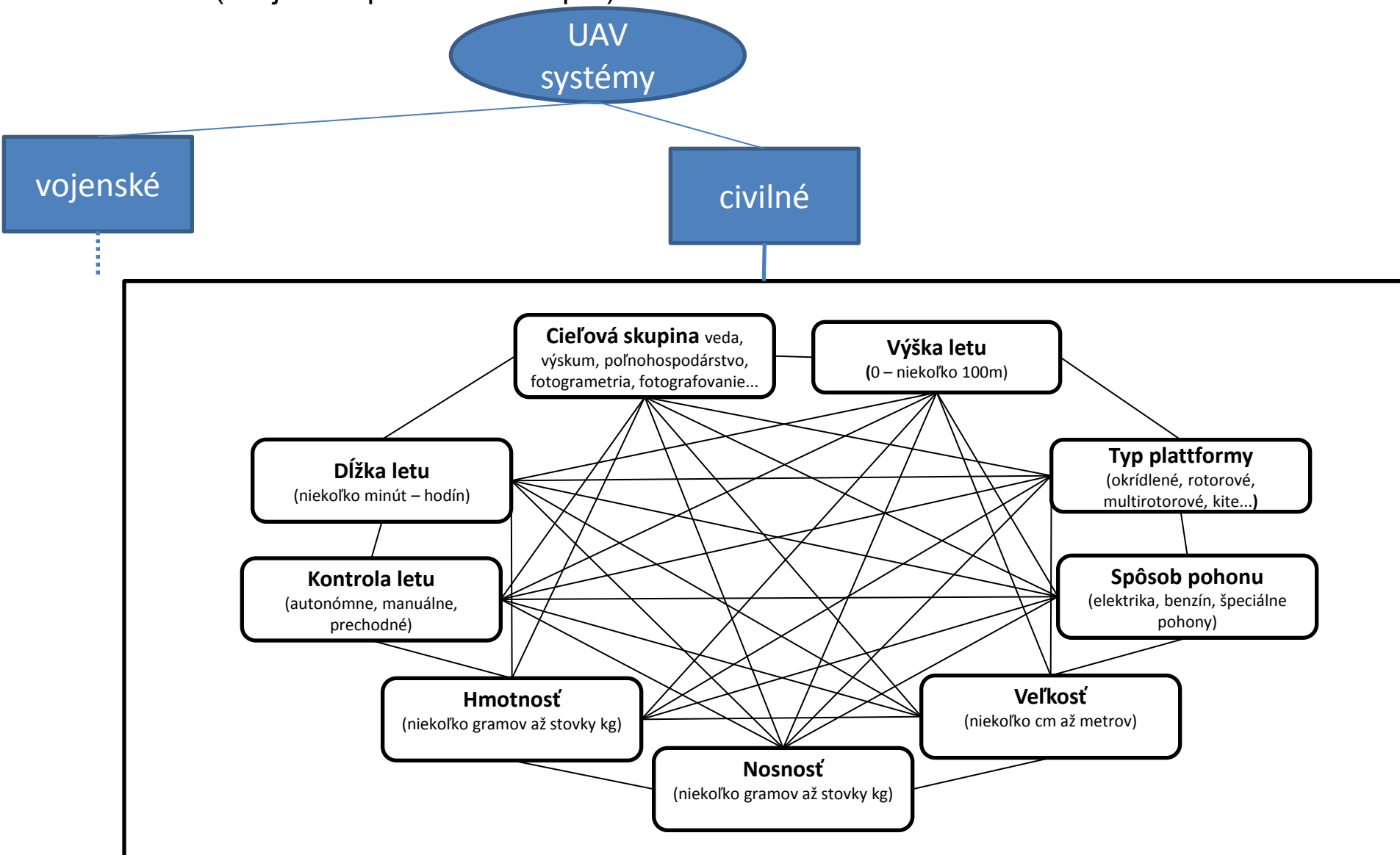


Cornell University
BUNDLER

IV.

Klasifikácia UAV systémov

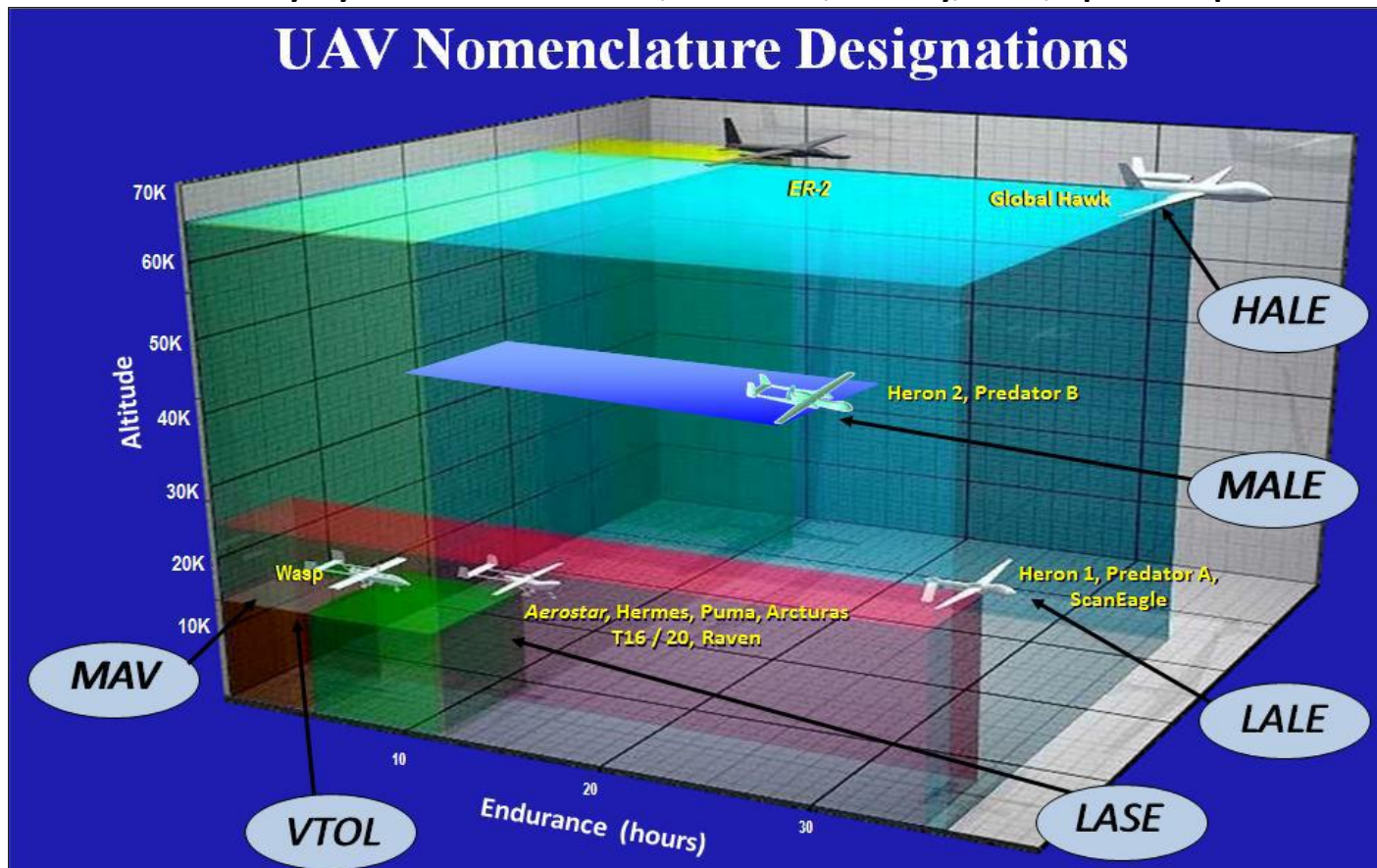
- mnoho UAV = mnoho využití = mnoho skupín
(vzájomné prelínanie skupín)



IV.

Klasifikácia UAV systémov

Klasifikácia UAV na základe výšky letu a doletu Watts, Ambrosia, Hinkley, 2012, upravené podľa Polski 2004



MAV (Micro Air Vehicles): operačná výška (<330 m), letový čas 5–30 min.

VTOL (Vertical Take-Off & Landing): lietanie vo väčších výškach, vzlet a pristávanie na malom priestranstve

LASE (Low Altitude, Short-Endurance): malá veľkosť, hmotnosť 2–5 kg, rozpätie krídel <3 m, letový čas 1–2 h, dolet niekoľko km

LALE (Low Altitude, Long Endurance): nosnosť niekoľko kg, dlhý letový čas, dolet niekoľko 1000 m

MALE (Medium Altitude, Long Endurance): operačná výška do 9,000 m, dolet niekoľko 1000 km

HALE (High Altitude, Long Endurance): veľkosť podobná pilotovaným lietadlám, operačná výška 20000 m alebo viac, dlhý dolet, letový čas cez 30 hod.

IV. Klasifikácia UAV systémov

Klasifikácie UAV podľa Eisenbeiss 2009

	Lighter than air	Heavier than air		
		<i>Flexible wing</i>	<i>Fixed wing</i>	<i>Rotary wing</i>
Unpowered	Balloon	Hang glider	Gliders	Rotor-kite
		Paraglider		
		Kites		
Powered	Airship	Paraglider	Propeller	Single rotors
			Jet engines	Coaxial
				Quadrotors
				Multi-rotors



IV.

Klasifikácia UAV systémov

Klasifikácia UAV podľa Eisenbeiss 2009. Kategorizácia na základe hmotnosti, dosahu, výšky a výdrže

Category	Weight [kg]	Range [km]	Altitude [m]	Endurance [hours]
Micro UAV	< 5*	< 10	< 150 – 300*	< 1
Mini UAV	< 25 – 150*	< 10	< 300	< 2
Short range	25 – 150	10 – 30	3000	2 – 4
Middle range	50 – 250	30 – 70	3000	3 – 6
High altitude long endurance	> 250	> 70	> 3000	> 6

* Hodnoty závisia od povolených národných štandardov
Kategoríe podľa UVS-international

V. Legislatívne podmienky prevádzky UAV v SR

- hmotnosť (-20 kg, **20 – 150 kg**, 150 kg a viac)
- účel použitia (pre vlastnú potrebu, **komerčné účely**)
- § 2 písm. b), § 5, § 7 ods. 2, § 20, § 44, § 48 ods. 1) písm. d) zákona č. 143/1998 Z. z. o civilnom letectve (letecký zákon) a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov;
- Zákon č. 355/2007 Z. z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov, ako aj inými všeobecne záväznými právnymi predpismi;
- § 63 a § 64 zákona č. 215/2004 Z. z. o ochrane utajovaných skutočností a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov;
- Nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 785/2004 z 21. apríla 2004 o požiadavkách na poistenie leteckých dopravcov a prevádzkovateľov lietadiel v platnom znení.
- *nariadenie Komisie (EÚ) č. 923/2012 z 26. septembra 2012, ktorým sa stanovujú spoločné pravidlá lietania a prevádzkové ustanovenia týkajúce sa služieb a postupov v letovej prevádzke a ktorým sa mení a dopĺňa vykonávacie nariadenie (EÚ) č. 1035/2011 a nariadenia (ES) č. 1265/2007, (ES) č. 1794/2006, (ES) č. 730/2006, (ES) č. 1033/2006 a (EÚ) č. 255/2010;*
- predpis L 1 Spôsobilosť leteckého personálu;
- predpis L 2 Pravidlá lietania;
- predpis L 6 Prevádzka lietadiel;
- predpis L 8/A Letová spôsobilosť lietadiel;
- letecký predpis L 16

V. Legislatívne podmienky prevádzky UAV v SR

správne konanie s Dopravným úradom:

- modely lietadiel ťažších ako 20 kg
- lietadlá (UAS) využívané na komerčné účely (fotografovanie, natáčanie atď.)

povolenie k prevádzke UAV:

- poistenie UAV voči zodpovednosti za škodu spôsobenou prevádzkou UAV
- osvedčenie odbornej spôsobilosti – teoretická skúška vedomostí
– praktická skúška
- registrácia UAV na Dopravnom úrade
- povolenie na vykonávanie leteckých prác
- prevádzková príručka
- povolenie Ministerstva obrany na letecké snímkovanie

legislatívne podmienky k prevádzke:

<http://letectvo.nsaf.sk/letova-prevadzka/lietadla-sposobile-lietat-bez-pilota/>

VI.

Vybrané příklady UAV

Rotorové UAV

- **HiSystems GmbH - Mikrokopter hexa**

- 6x hliníkové ramená osadené motormi, ťah 2200g

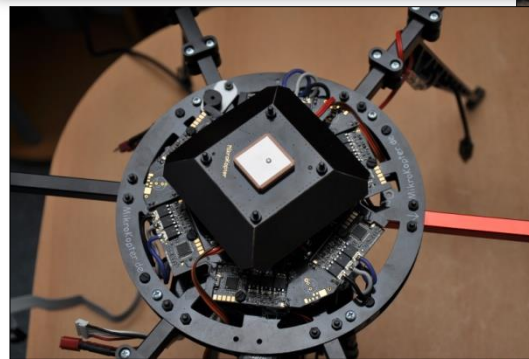
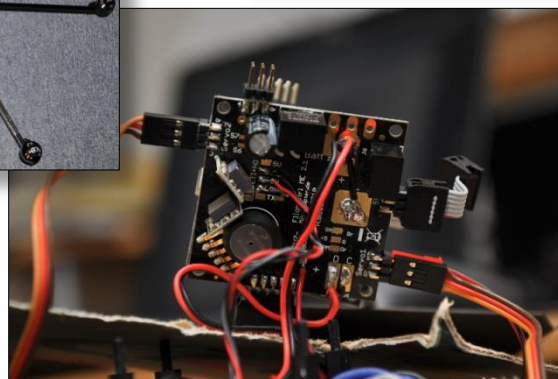
- napájanie: 6600 mAh
(letový čas 10-16minút)

- karbónový rám

- riadiaca elektronika
(2 osí gyroskop, výškomer)

- navigačná jednotka (kompas, záznam dráhy + parametrov letu Mikro SD)

- GPS jednotka Ublox LEA6S
(presnosť 2m DGPS)

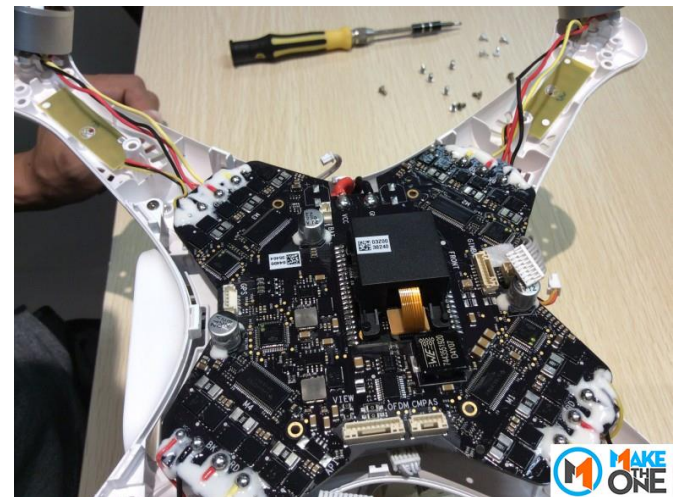


VI.

Vybrané příklady UAV

Rotorové UAV

- DJI Phantom 3
- 4 rotorový systém – 4 ramená
- 4K kamera
- plastový monokok
- záznam letových parametrů
- GPS stabilizace



VI.

Vybrané příklady UAV

Rotorové UAV

- DJI Spreading wings S800, S1000
- 8 rotorový systém
- ťažšie zrkadlovky, videokamery
- karbónové ramená (skladacie)
- výklopný podvozok
- GPS stabilizácia
- pokročilé ovládacie a navigačné funkcie



VI.

Vybrané příklady UAV

Rotorové UAV

- **Aerialtronics Altura Zenith ATX8**
- 8 rotorový systém (4 ramená)
- ťažšie zrkadlovky, videokamery, rôzne snímače
- karbónový monokok
- GPS stabilizácia
- odolnosť voči poveternostným podmienkam



VI.

Vybrané příklady UAV

Rotorové UAV

- **Aibotix Aibot X6**
- 6 rotorový systém
- ťažšie zrkadlovky, videokamery, rôzne snímače
- karbónový rám
- GPS stabilizácia
- ochrana vrtúľ



VI.

Vybrané příklady UAV

Rotorové UAV

- **Swissdrones SDO 50V1**



- **Aeroscout B1-100**



VI.

Vybrané příklady UAV

Křídlové UAV

- Mavinci Sirius



- Gatewing X-100



VI.

Stručná metodika zberu dát

- prípravné práce: - rekognoskácia terénu, návrh „letového plánu“, príprava podkladov, príprava a kontrola zariadenia a nosičov dát (vizuálna, technická, nabitie batérií, kontrola dátových úložísk)



VI.

Stručná metodika zberu dát



Zameranie vlčovacích bodov pomocou RTK



Malé bezpilotné zariadenia – mikro UAV. quadro-, okto-, hexa-.

Priestorovo priradené 3D modely, ortofotomozaiky

Rozloženie vlčovacích bodov

Zameranie vlčovacích bodov (GPS RTK, totálna stanica)



Zameranie vlčovacích bodov totálnou stanicou Leica TCR 307.

Priestorovo nepriradené 3D modely, ortofotomozaiky

Nastavenie parametrov snímkovania (clona, čas, ISO, periodičita, manuál...)

Predletová kontrola zariadenia (rotujúce časti, batérie, software...)

Vlastný snímkový let

Kontrola zhotovených snímok (rozmiestnenie, prekryv, kvalita...)

Spracovanie nazbieraných dát (point cloud, 3D, DTM, ortofoto...)



Predletová kontrola a nastavenie zariadenia



Rozmiestnenie polôh snímok nad nalietavým územím.



3D model objektu vyskladaný z nalietavých snímok.

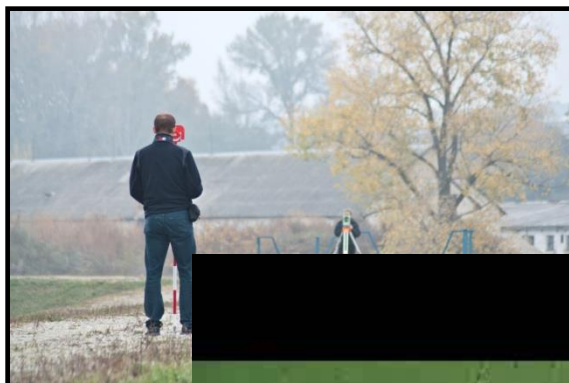
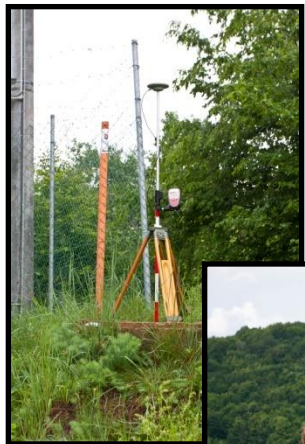


Snímkový let

VI.

Stručná metodika zberu dát

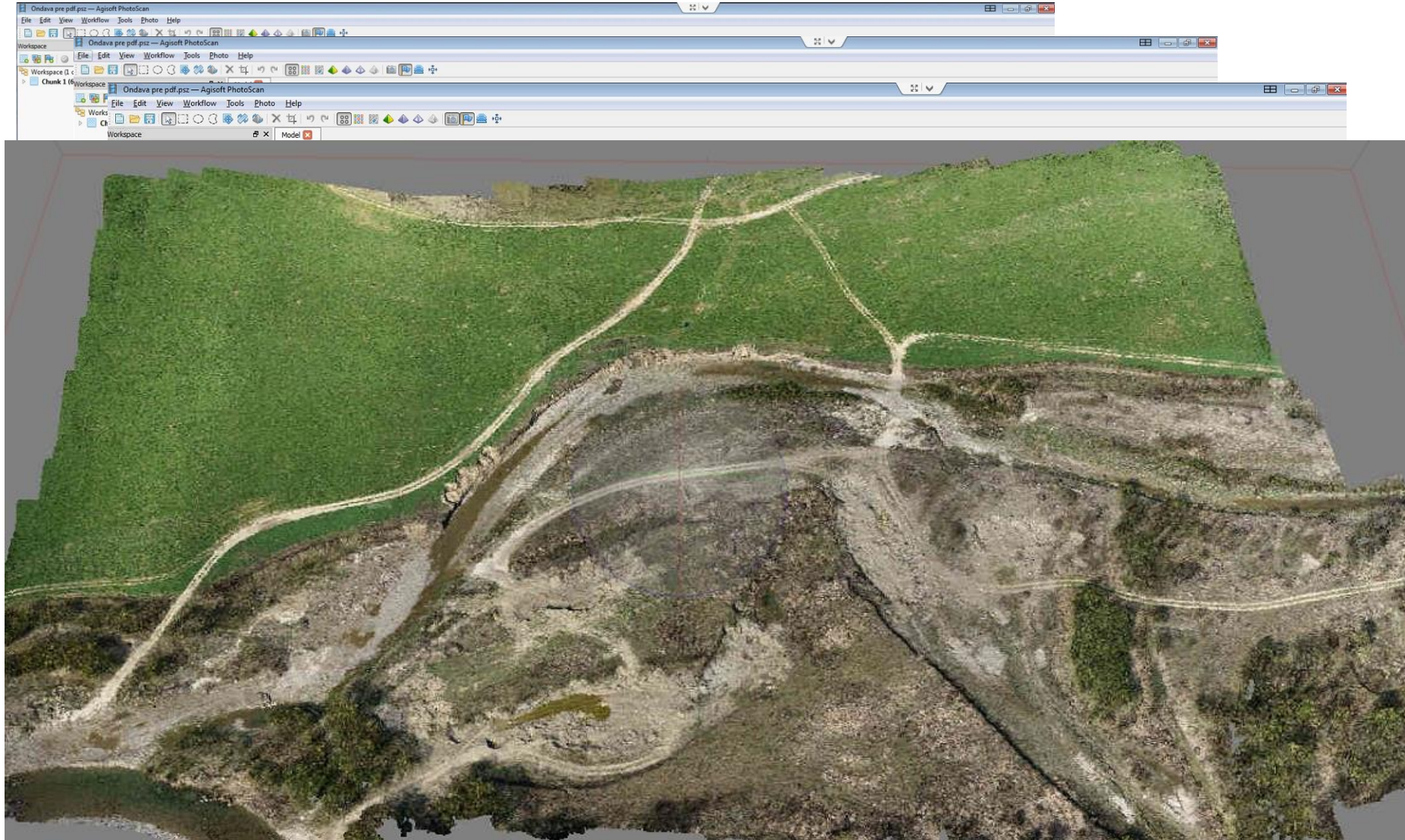
- spracovanie dát: - open source, alebo komerčné produkty



VII.

Spracovanie dát (Agisoft PhotoScan)

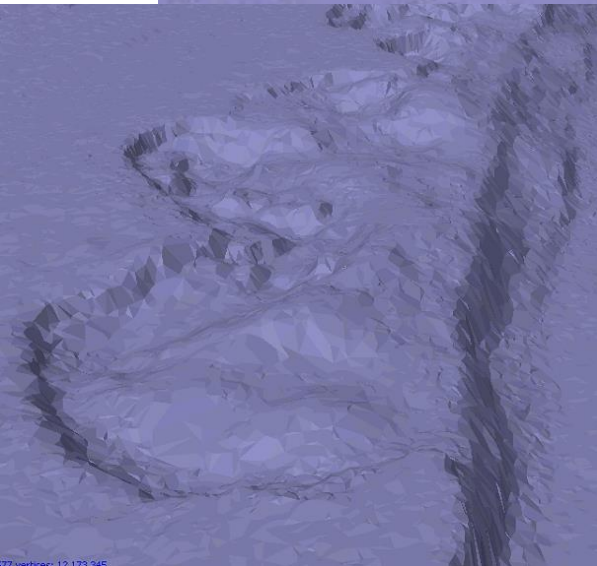
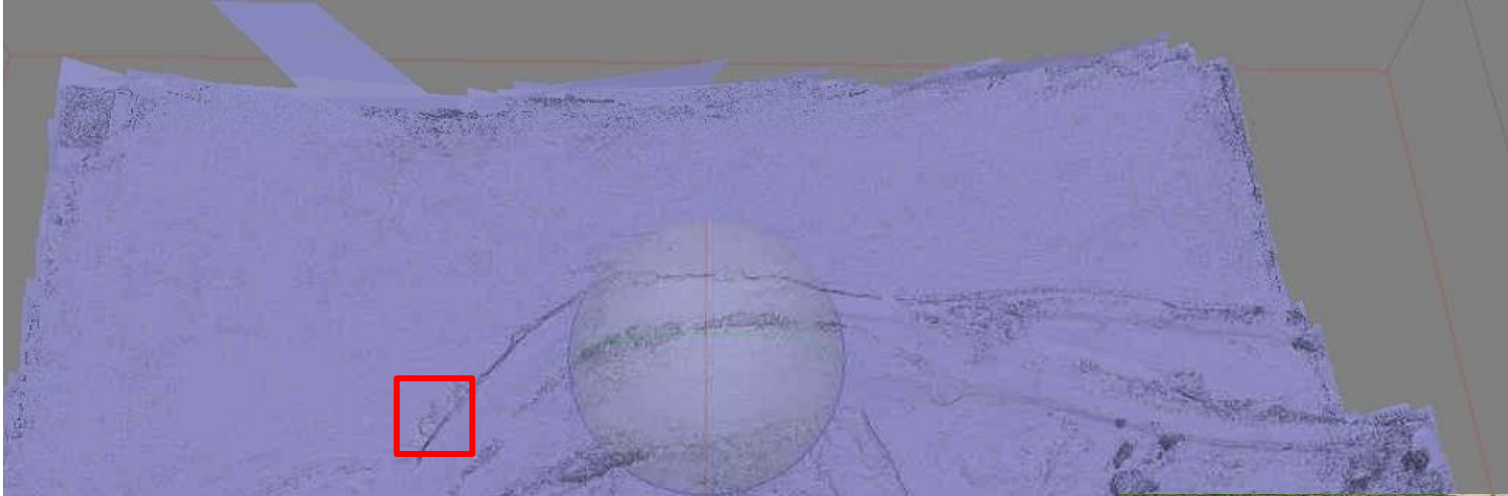
1. Načítanie a zarovnanie fotografií (Tie points, Sfm algoritmus)



VII.

Spracovanie dát (Agisoft PhotoScan)

2. Počítanie a generovanie TIN



VII.

Spracovanie dát (Agisoft PhotoScan)

2. Vytvorenie textúrovaného 3D modelu, ortofotosnímkky s následným priestorovým priradením



VIII. Příklady využití dat z bezpilotných zariadení

Vybrané tituly použitia UAV

ČR

- MIŘIJOVSKÝ, J., PECHANEC, V., BURIAN, J. (2012): Využití bezpilotního modelu PIXY při snímkování krajiny. Informace ČGS, 31, č. 1, s. 11–17.
- MIRIJOVSKY, J., MICHALKOVA, M., BELKA, L., BRUS, J. (2012): Precise Close Range UAV Mapping in Difficult Field Conditions. XXII International Society for Photogrammetry & Remote Sensing Congress 2012, Melbourne, Australia

Nemecko

- NEITZEL, F., KLONOWSKI, J. (2011): Mobile 3D Mapping with a Low-Cost UAV System. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVIII-1/C22 UAV-g 2011, Conference on Unmanned Aerial Vehicle in Geomatics, Zurich, Switzerland

Švajčiarsko

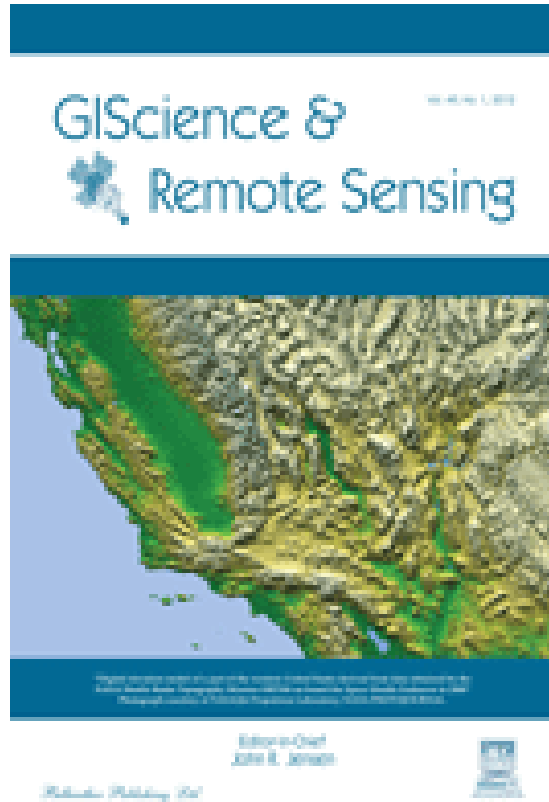
- EISENBEISS, H., (2004). A Mini Unmanned Aerial Vehicle (UAV): System Overview and Image Acquisition. International Workshop on "PROCESSING AND VISUALIZATION USING HIGH-RESOLUTION IMAGERY" 18-20 November 2004, Pitsanulok, Thailand.

Nový Zéland

- TURNER, D., LUCIEER, A., WATSON, CH. 2012: An Automated Technique for Generating Georectified Mosaics from Ultra-High Resolution Unmanned Aerial Vehicles (UAV) Imagery, Based on Structure from Motion (SfM) Point Clouds. Remote Sensing 2012, 4, 1392-1410.

VIII. Príklady využitia dát z bezpilotných zariadení

Vybrané tituly použitia UAV



**2011, Vol.1: Special Issue:
Small-Scale Unmanned Aerial
Systems for Environmental
Remote Sensing**

**European Geosciences Union
General Assembly 2014**
Vienna | Austria | 27 April – 02 May 2014
EGU.eu | 

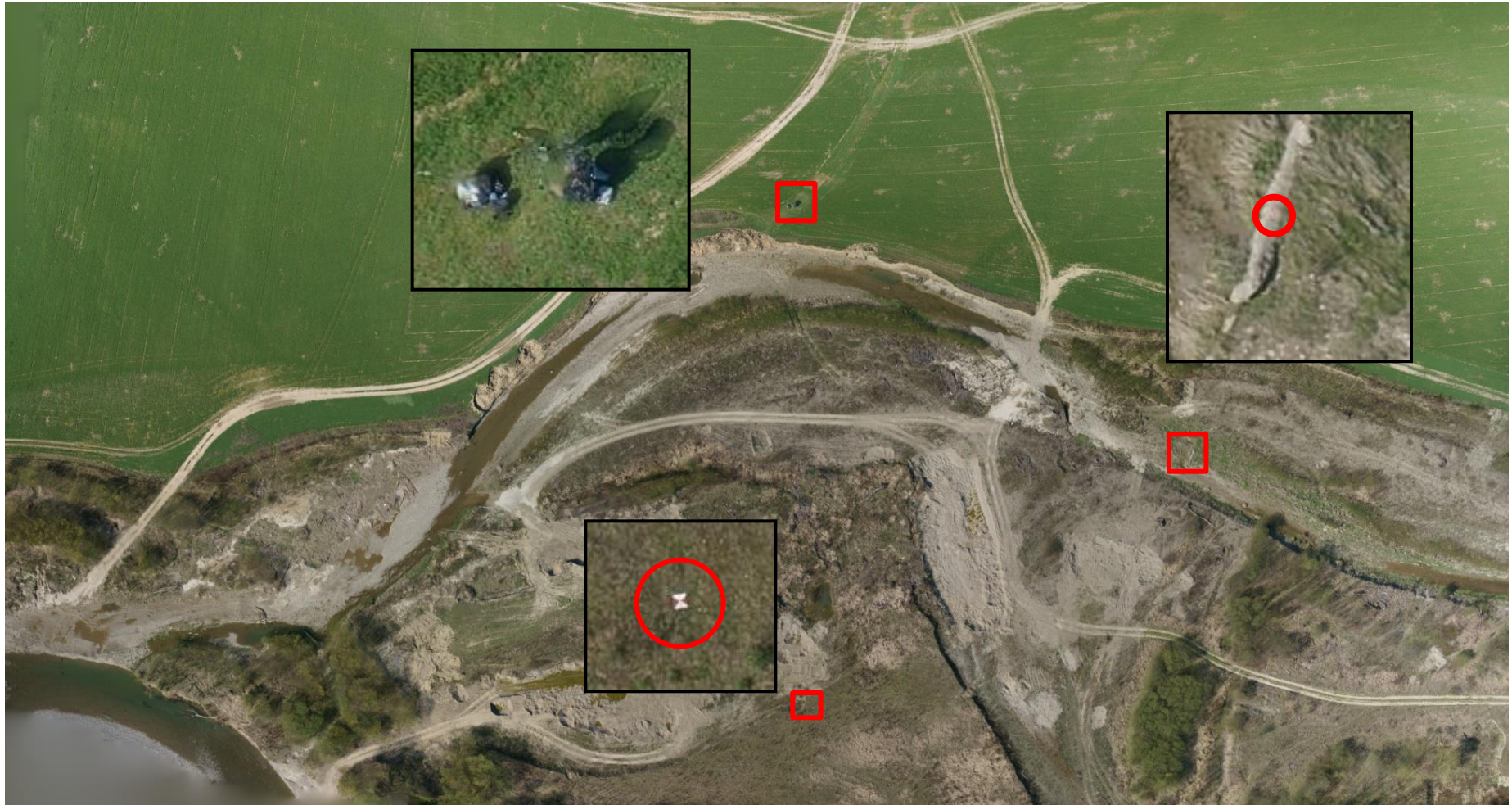
Unmanned aerial vehicles for high resolution sensing in the geosciences
Convener: Christian Brieše
Co-Conveners: Norbert Pfeifer, Geert Verhoeven, and Karl Kleemayr

Mon, 28 Apr 2014
Room: G1
Chairperson: Christian Brieše, Geert Verhoeven

★	Introduction
13:35-13:50	EGU2014-4004
★	High Quality 3D data capture from UAV imagery
	Norbert Haala, Michael Cramer, and Mathias Rothemmel
13:50-14:05	EGU2014-9675
★	Mapping Snowfields in the High Arctic by UAV
	Jens Klump, Thomas Leya, and Günter Fuhr
14:05-14:20	EGU2014-6574
★	Tree height estimation in a young forest stand using UAS photogrammetry
	Tor Peder Lohne, Arne Steffenrem, and Svein Solberg
14:20-14:35	EGU2014-10577
★	Rotary wing UAS based multiangular hyperspectral measurements over various vegetation
	Andreas Burkart, Helge Aasen, Luis Alonso, Georg Bareth, and Uwe Rascher
14:35-14:50	EGU2014-11513
★	Comparison of UAV and TLS DTMs for acquisition of geological, geomorphological information for Doren landslide, Vorarlberg Austria
	Zsófia Koma, Balázs Székely, Peter Dorninger, Sascha Rasztovits, Andreas Roncat, András Zámolyi, Dominik Krawczyk, and Norbert Pfeifer
14:50-15:05	EGU2014-12107
★	New class of survey-grade laser scanner for UAVs
	Martin Pfennigbauer, Peter Rieger, Andreas Ullrich, and Ursula Riegler
★	Discussion

VIII. Príklady využitia dát z bezpilotných zariadení

- fotografie z malých výšok (do 150 m)
- pohľad na študované územie z inej perspektívy
- v závislosti od použitej foto techniky – fotografie s vysokým rozlíšením



VIII. Príklady využitia dát z bezpilotných zariadení

Monitoring avulzného koryta rieky Ondava pri Stropkove



Snímka územia z roku 2009, Google Earth



Snímka územia z roku 2013, Google Earth



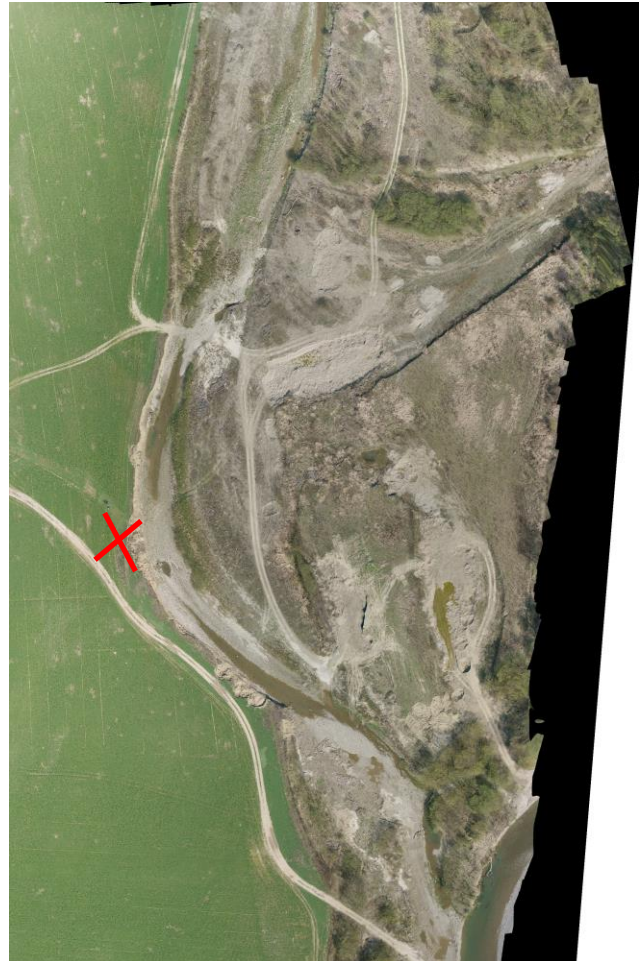
VIII. Príklady využitia dát z bezpilotných zariadení

Monitoring avulzného koryta rieky Ondava pri Stropkove

september 2012



apríl 2014



júl 2014

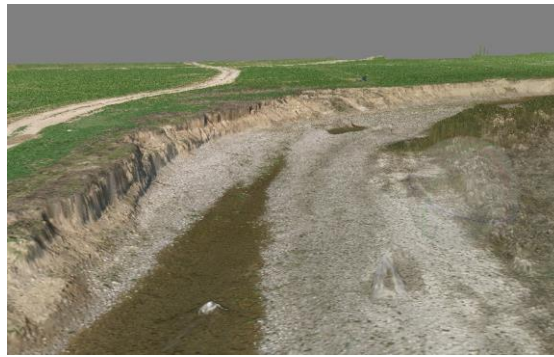


VIII. Príklady využitia dát z bezpilotných zariadení

Monitoring avulzného koryta rieky Ondava pri Stropkove



Pohľad na breh a pochované stromy v koryte, rok 2012. Textúrovaný DMR.



Pohľad na breh a pochované stromy v koryte, apríl 2014. Textúrovaný DMR.



Pohľad na breh a pochované stromy v koryte, júl 2014. Textúrovaný DMR.



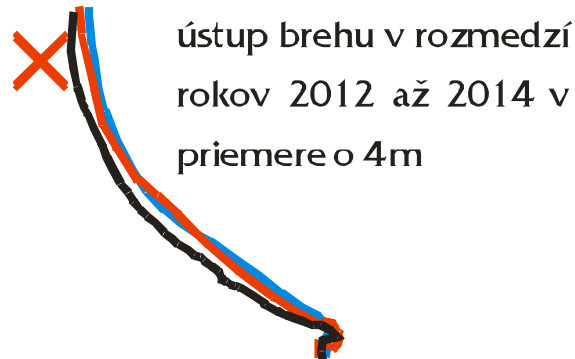
Brehová čiara z júna 2012.



Brehová čiara z apríla 2014.



Brehová čiara z júla 2014.



ústup brehu v rozmedzí rokov 2012 až 2014 v priemere o 4m

VIII. Príklady využitia dát z bezpilotných zariadení

Mapovanie úseku rieky Belá ohrozeného hĺbkovou a bočnou eróziou

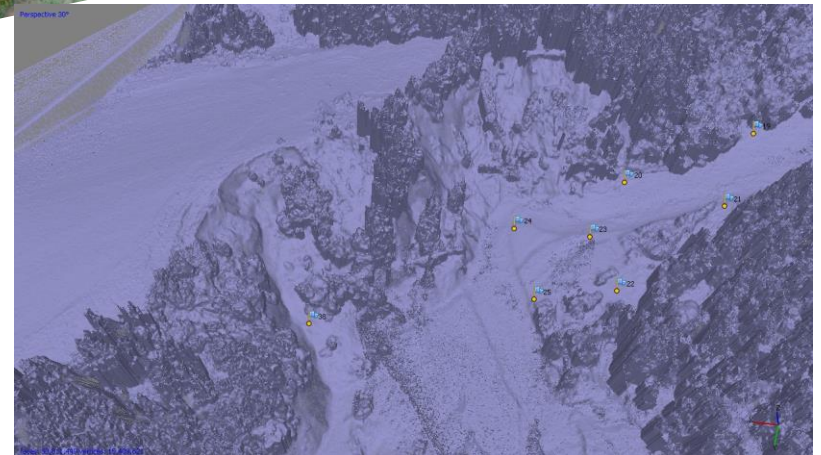
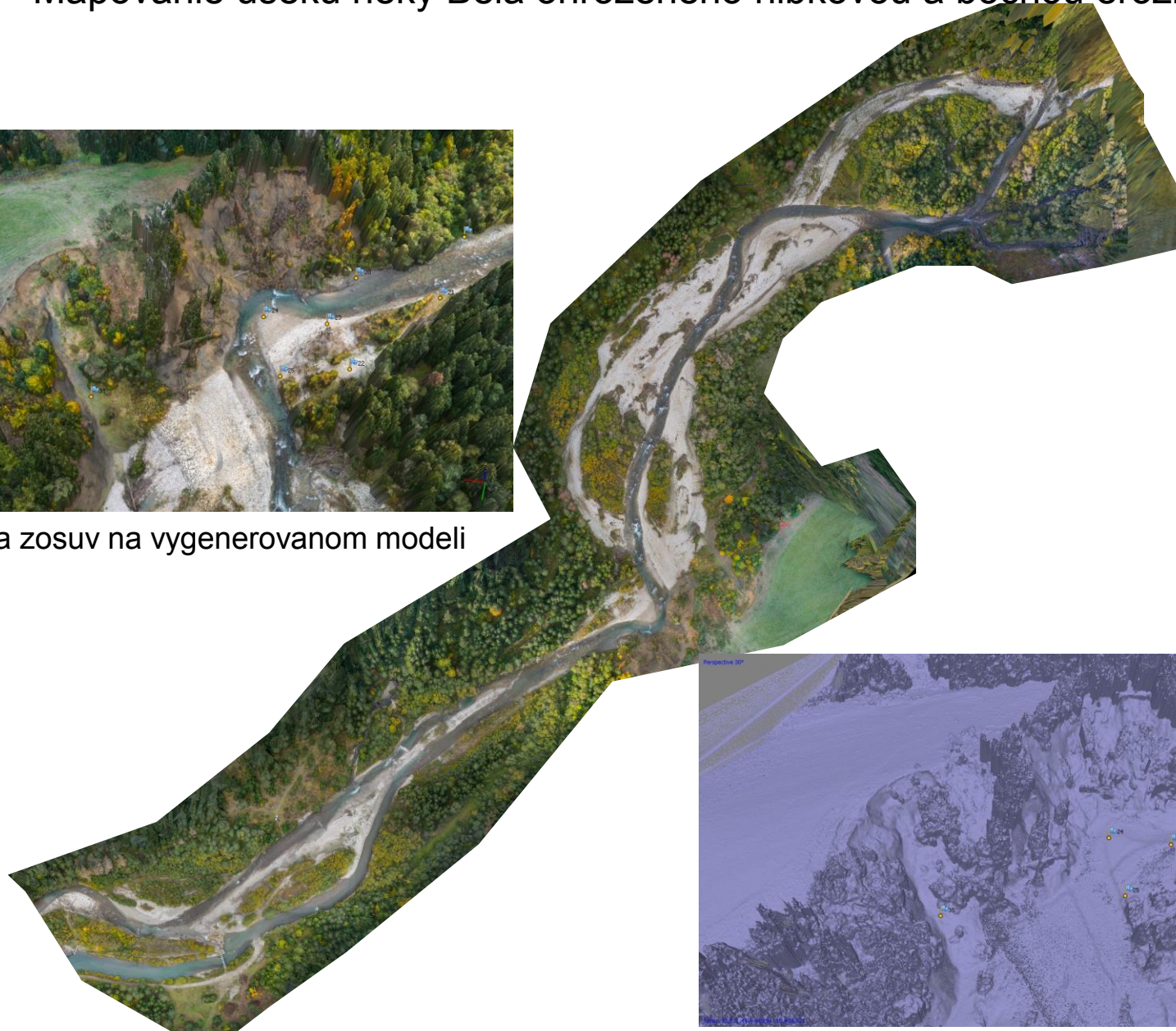


VIII. Príklady využitia dát z bezpilotných zariadení

Mapovanie úseku rieky Belá ohrozeného hĺbkovou a bočnou eróziou



Pohľad na zosuv na vygenerovanom modeli



VIII. Príklady využitia dát z bezpilotných zariadení

Monitoring svahovej deformácie vo Svätom Antone



Pohľad na svahovú poruchu vo Sv. Antone



Geodeticky monitorovaný bod



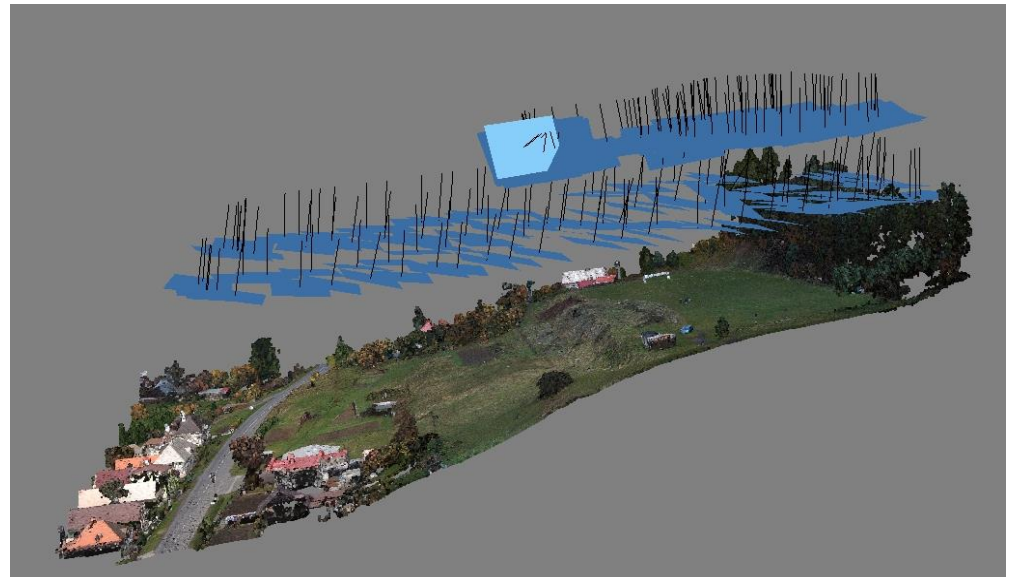
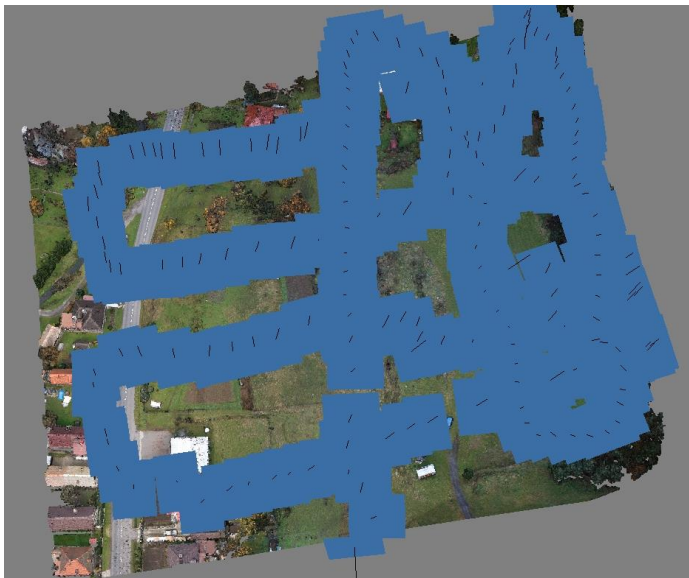
Nastavovanie parametrov snímkovania



Snímkovanie

VIII. Príklady využitia dát z bezpilotných zariadení

Monitoring svahovej deformácie vo Svätom Antone



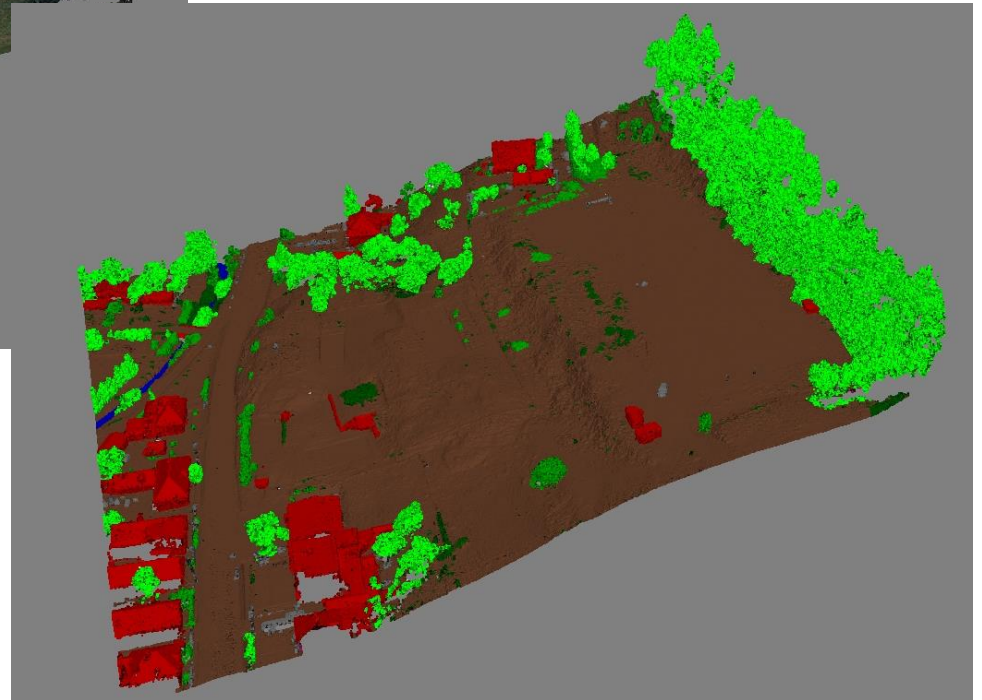
Dráha letu

VIII. Príklady využitia dát z bezpilotných zariadení

Monitoring svahovej deformácie vo Svätom Antone



Ofarbené mračno bodov



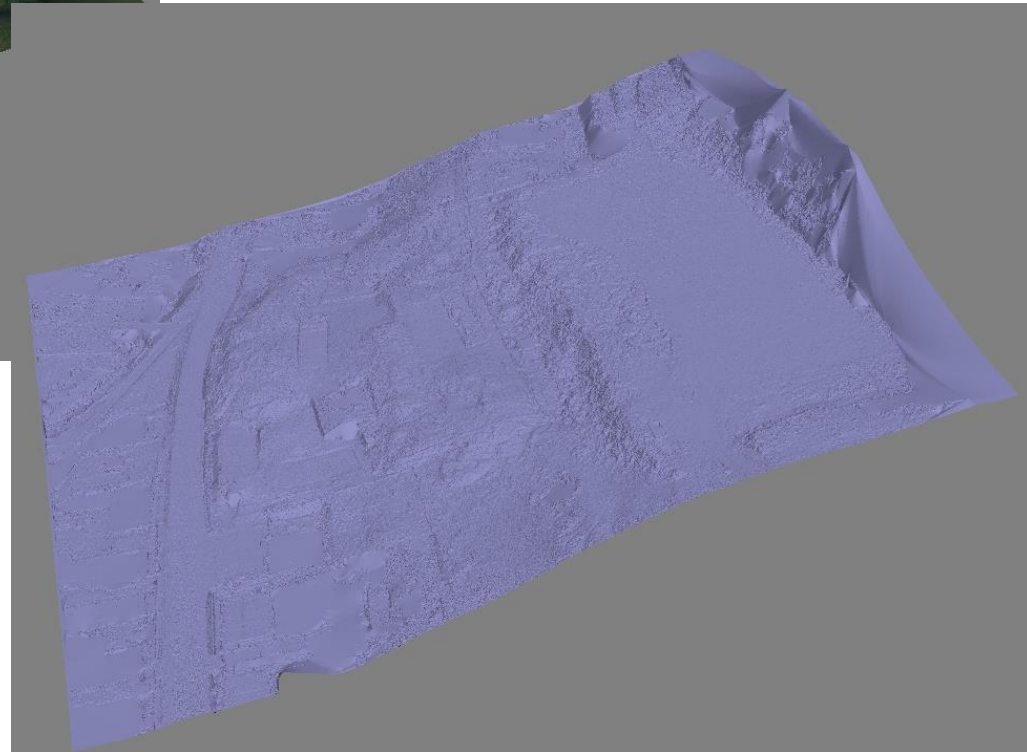
Klasifikované mračno bodov

VIII. Príklady využitia dát z bezpilotných zariadení

Monitoring svahovej deformácie vo Svätom Antone



Textúrovaný 3D model



Digitálny model reliéfu

VIII. **Príklady využitia dát z bezpilotných zariadení**

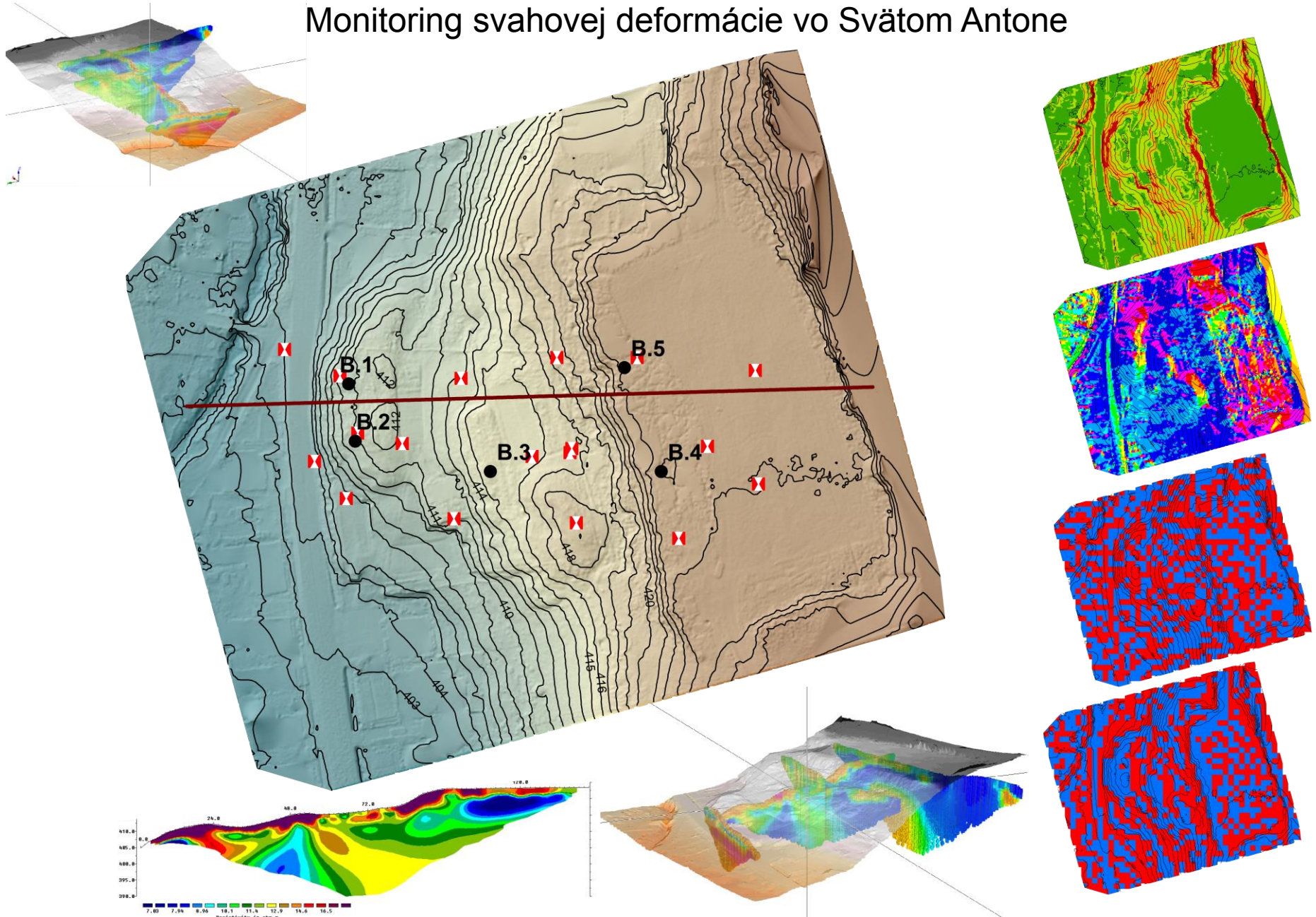
Monitoring svahovej deformácie vo Svätom Antone



Ortofotostánka

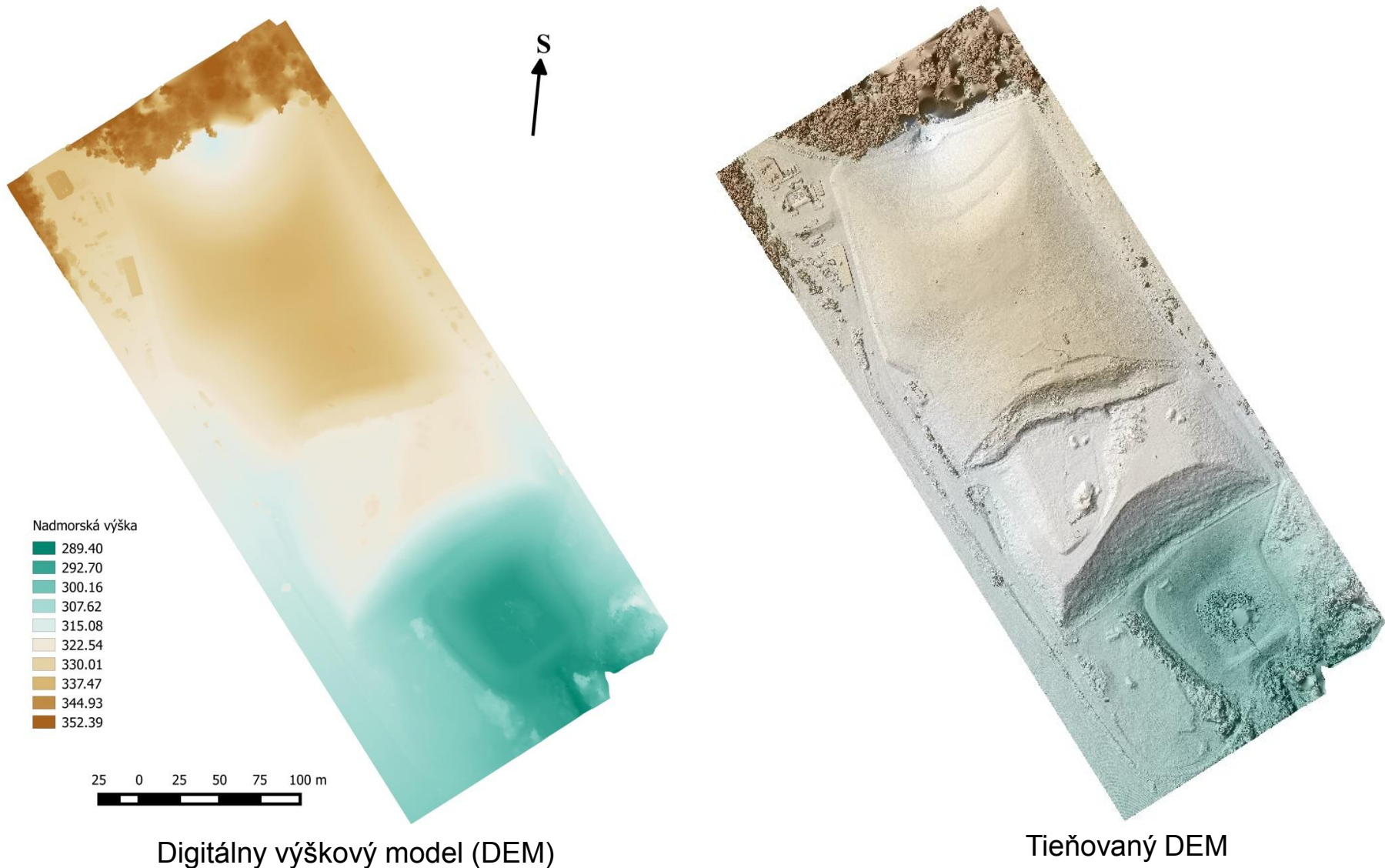
VIII. Príklady využitia dát z bezpilotných zariadení

Monitoring svahovej deformácie vo Svätom Antone



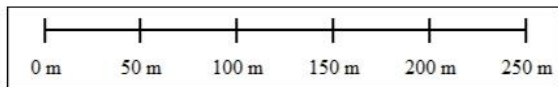
VIII. Príklady využitia dát z bezpilotných zariadení

Skládka komunálneho odpadu - výpočet kubatúr

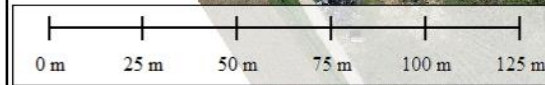
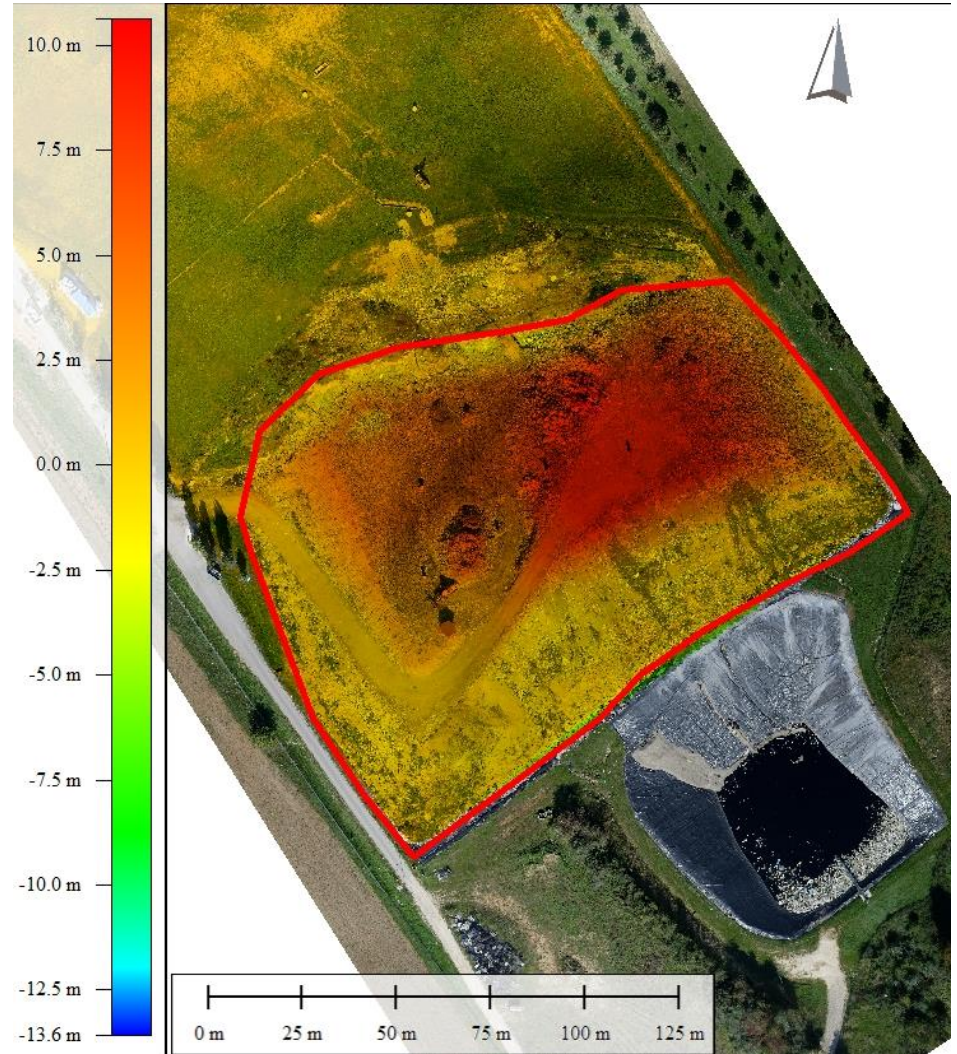


VIII. Príklady využitia dát z bezpilotných zariadení

Skládka komunálneho odpadu - výpočet kubatúr



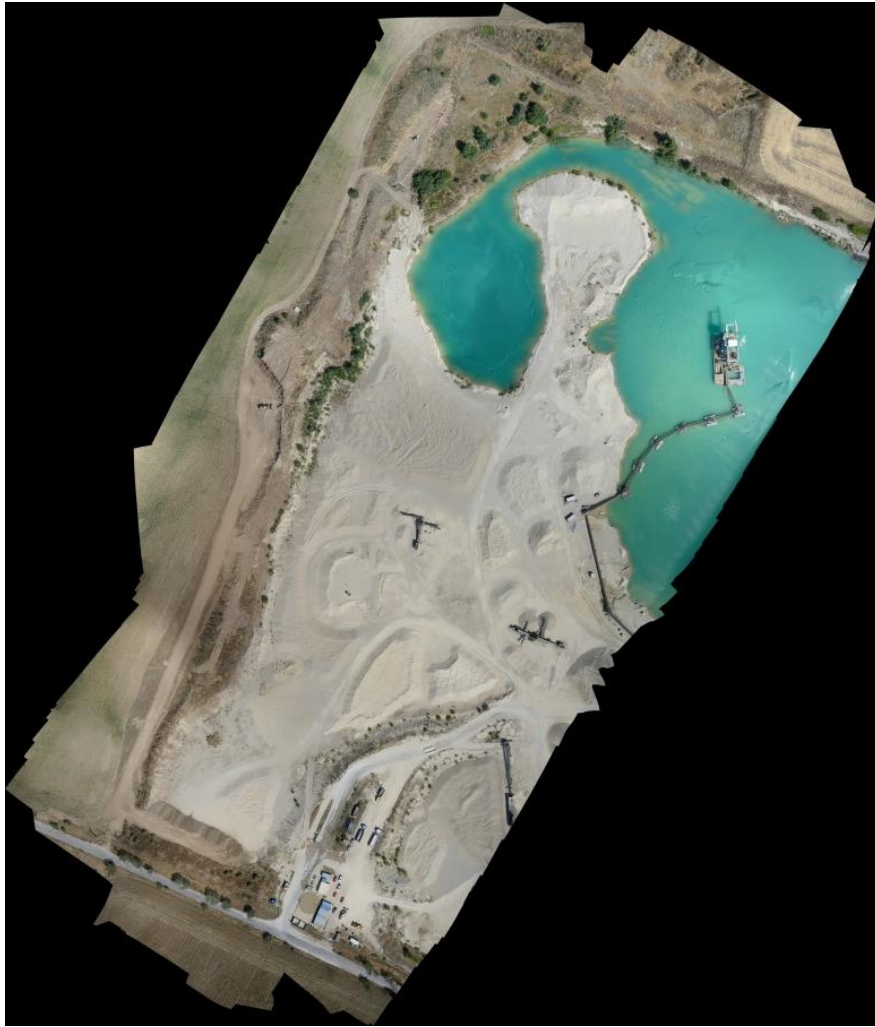
Ortofotosnímka



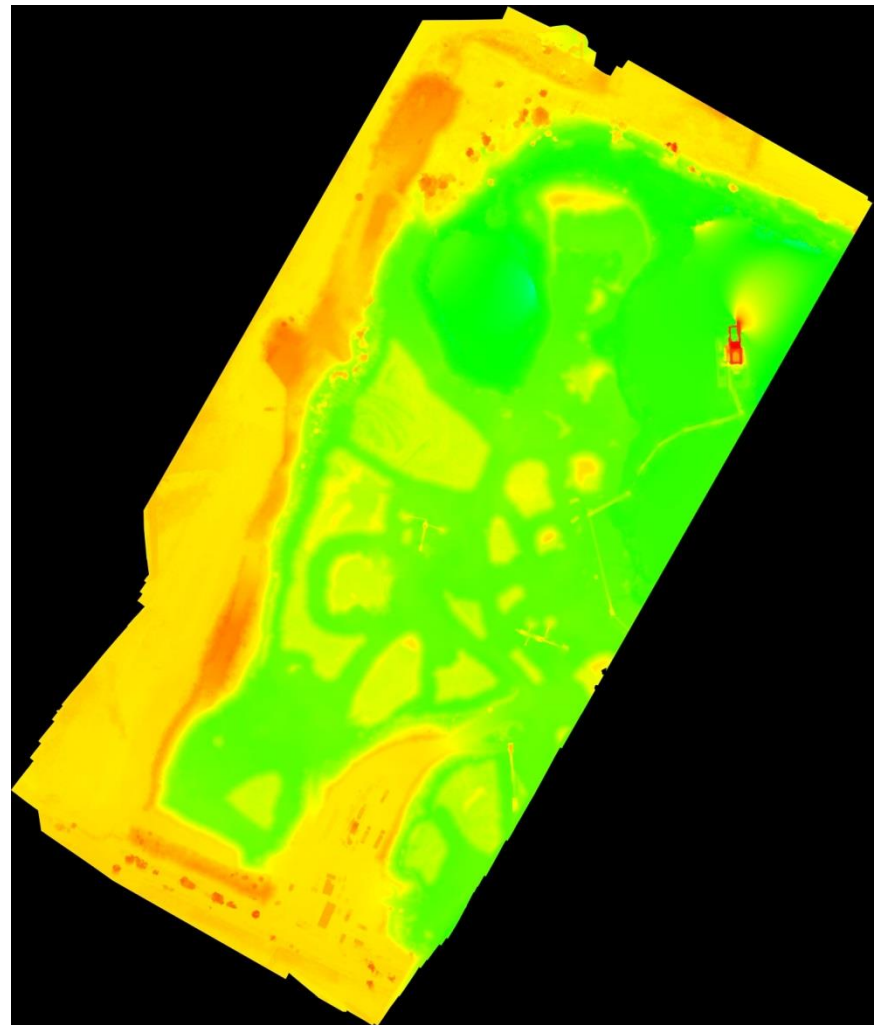
Medziročný prírast materiálu

VIII. Príklady využitia dát z bezpilotných zariadení

Ťažobné územie a sklad štrku



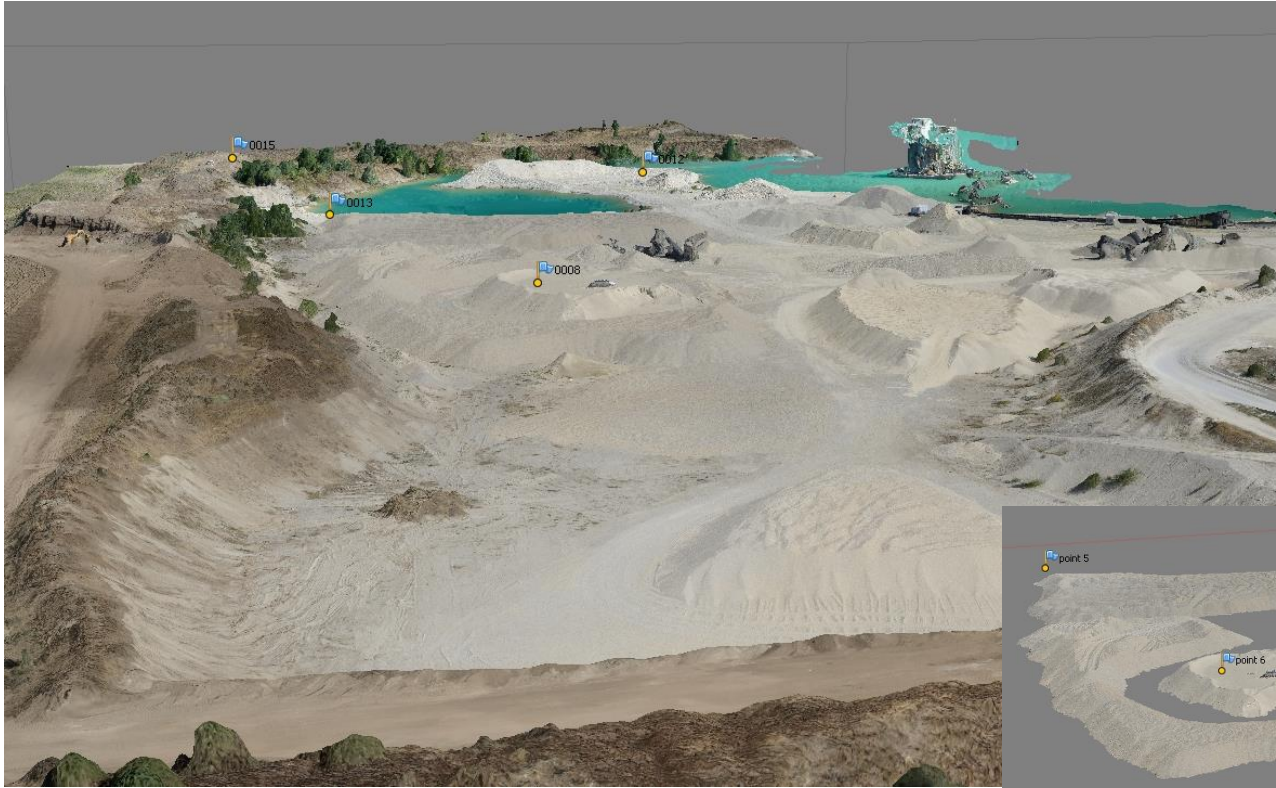
Ortofotosnímka



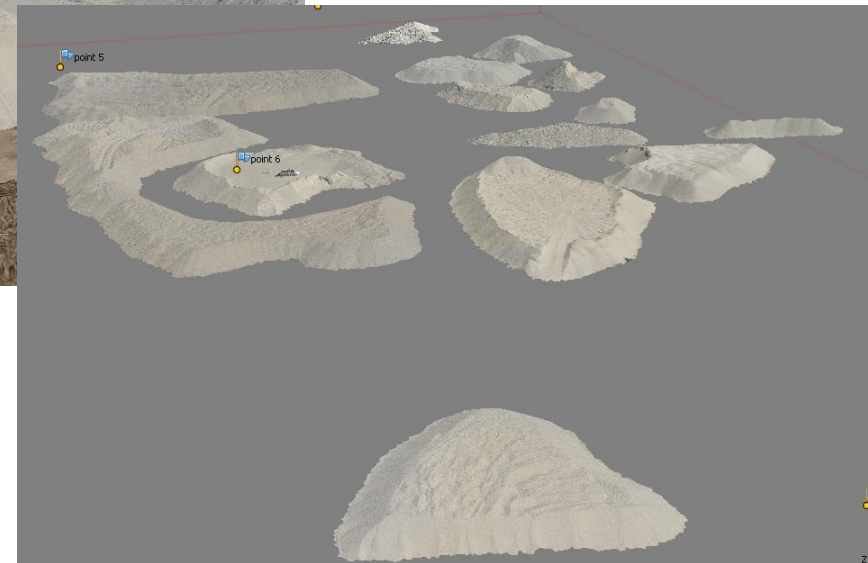
DEM

VIII. Príklady využitia dát z bezpilotných zariadení

Ťažobné územie a sklad štrku



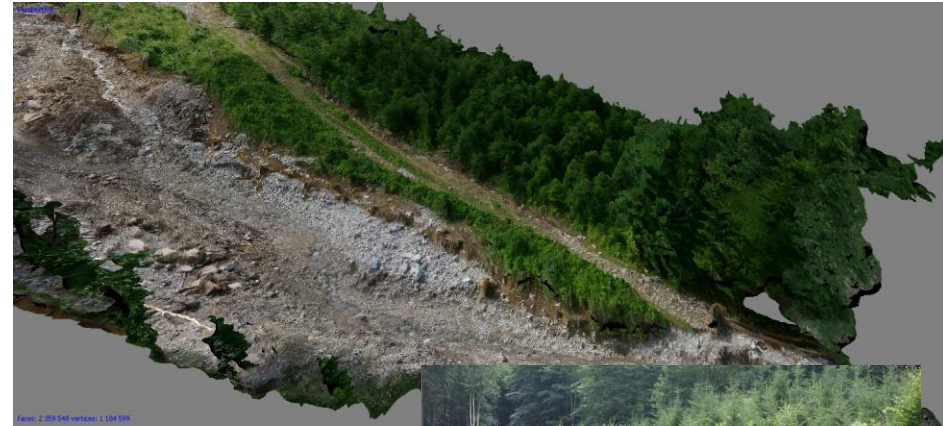
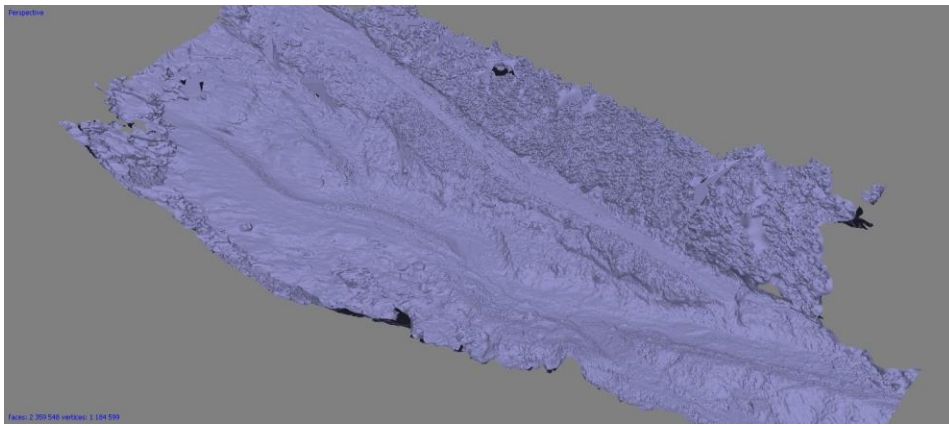
3D model ťažobného územia



Vyselektované plochy pre meranie kubatúr

VIII. Príklady využitia dát z bezpilotných zariadení

Pokus o digitálny model reliéfu výplavového kužela po bahenno-blokovom prúde vo Vrátnej doline z júla 2014



Záver

- + dynamicky a perspektívne sa rozvíjajúca disciplína
 - + umožňuje netradičné uhly pohľadu na skúmané objekty a krajinu
 - + otvára nové možnosti vo veľkomierkovom výskume
 - + zber dát s vysokým rozlíšením a presnosťou (niektorí autori uvádzajú až presnosť LIDAR-u)
 - + určitá miera nezávislosti pri zbere dát – možnosť okamžitého zberu
 - + priaznivá cena v porovnaní s použitím konvenčných lietadiel, resp. vrtuľníkov
 - + vysokoé rozlíšenie konečných produktov (ortofoto, 3D modely atď.)
-
- nutnosť rešpektovať miestne pravidlá pre civilné letectvo
 - pomerne zložité spracovanie dát (náročné na hardware a software)
 - limitovaný zber dát v zhoršených poveternostných podmienkach
 - personálna náročnosť a servis zariadení
 - výdrž 5 – 30 minút v závislosti od modelu, výbavy a zaťaženia



Ďakujem za pozornosť